

Jump-and-Reach-Test Teil 1

Vertiefung und Kompetenzüberprüfung zu den Themen a - t -, v - t -, s - t -Diagramme und Körperschwerpunkt

Martin Apolin (Stand Jänner 2011)

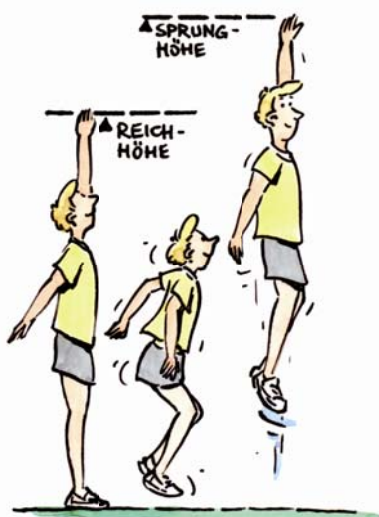
A1 Was versteht man unter dem **Körperschwerpunkt (KSP)**? Wie kann man diesen bei einem geometrischen Objekt bzw. beim Menschen bestimmen? Lies nach in Kap. 5!

Mit dem **Jump-and-Reach-Test** kann man die Hebung des Körperschwerpunktes (KSP) messen (siehe Kap. 5.2). Dazu stellst du dich seitlich an eine Wand und greifst so hoch wie möglich hinauf (Abb. 1). Ein Helfer markiert diese Stelle. Dann springst du aus der Hocke so hoch wie möglich hinauf. Das wird wieder markiert. Die Differenz zwischen den Markierungen ist deine **KSP-Hebung**. Sie ist von der Körpergröße unabhängig. In Tabelle 1 siehst du einige Richtwerte für „Normalsterbliche“. Weltklassehochspringer kommen bei diesem Test über 1 m!

Alter	weiblich/männlich
15	34 cm / 43 cm
17	36 cm / 48 cm

Tab. 1: Richtwerte für den Jump-and-Reach-Test

Abb. 1: Durchführung des Jump-and-Reach-Tests (Grafik: Janosch Slama; Abb. 5.12, Kap. 5).



A2 Es gibt bei diesem Test aber auch Fehlerquellen, die zu Ungenauigkeiten bei der Messung führen können.

Welche könnten das sein? (Anm.: Das grüne Symbol ► vor Fragen verweist auf den Lösungsteil)

Es gibt eine objektivere Methode, mit der man auf elegante Weise **die Hebung des KSP** indirekt ermitteln kann. Dabei wird mit Hilfe einer Messplatte der Kraftverlauf beim Absprung ermittelt. Wenn man den Kraftverlauf und die Masse des Springers kennt, dann kann man den Verlauf der Beschleunigung mit Hilfe der Formel berechnen (siehe Kap. 8.3).

A3 Im **Excel-File *a-v-s-t aus Jump-and-Reach-Test.xlsx*** findest du in Tabellenblatt 1 die Rohdaten der Beschleunigung bei einem Streck sprung. Stelle diese in einer Grafik dar und versuche die einzelnen Phasen des Sprungs zu beschriften. Überlege, warum die Beschleunigung mit null beginnt und weit im negativen Bereich endet.

A4 Berechne nun den **Geschwindigkeitsverlauf** beim Absprung mit Hilfe von Excel. Nimm an, dass die Geschwindigkeit zu Beginn der Aufzeichnung null ist. Nimm weiters vereinfacht an, dass die Beschleunigung für jeweils 1/1000 Sekunde konstant ist und berechne für diesen kurzen Zeitraum die Geschwindigkeitsänderung. Welche Formel musst du dazu verwenden? Addiere alle diese kleinen Geschwindigkeitsänderungen, um auf das **v - t -Diagramm** zu kommen. Die Auswertung findest du im Excel-File im zweiten Tabellenblatt und eine Hilfe dazu im Lösungsteil. Die fertige Grafik sollte so aussehen wie Abb. 2.

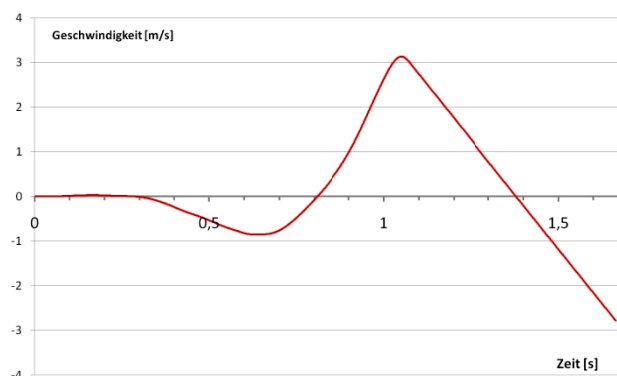


Abb. 2: Der aus den Beschleunigungsdaten rekonstruierte Geschwindigkeitsverlauf des KSP in der Zeit.

► **A5** Berechne nun den **vertikalen Verlauf des KSP** beim Absprung. Gehe dazu ähnlich vor wie in A4. Nimm an, dass die KSP-Höhe zu Beginn der Aufzeichnung null ist. Nimm weiters vereinfacht an, dass die Geschwindigkeit für jeweils 1/1000 Sekunde konstant ist, und berechne für diesen kurzen Zeitraum die Ortsänderung. Welche Formel musst du dazu verwenden? Addiere alle diese kleinen Verschiebungen, um auf das **s-t-Diagramm** zu kommen. Die Auswertung findest du im Excel-File im zweiten Tabellenblatt und eine Hilfe dazu im Lösungsteil. Die fertige Grafik sollte so aussehen wie Abb. 3.

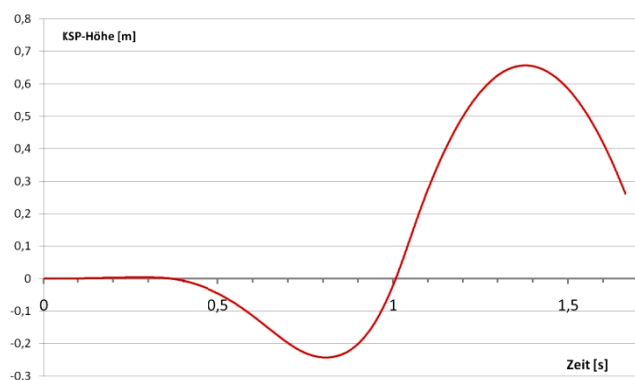


Abb. 3: Der rekonstruierte Weg des KSP in der Zeit.

► **A6** Ermittle aus den Daten im File die exakte Hebung des KSP. Wie groß ist diese?

► **A7** In Abb. 4 siehst du alle drei Diagramme übereinander. Werte grafisch aus und beantworte folgende Fragen:

a Wie viele Zentimeter geht der Springer in die Knie?

b Wie groß ist der Beschleunigungsweg insgesamt? Dazu musst du dir zuerst überlegen, wie man diesen überhaupt definieren kann.

c Wie groß ist die Geschwindigkeit, wenn der KSP an der tiefsten Stelle ist? Denke logisch, bevor du nachmisst.

d Wie groß ist die Beschleunigung, wenn die Geschwindigkeit ihren geringsten Wert erreicht? Denke logisch, bevor du nachmisst.

e! Begründe die Zusammenhänge aus c und d mit Hilfe von Differentialquotienten, nämlich $v = ds/dt$ und $a = dv/dt$.

f Um wie viel sinkt die Geschwindigkeit am Ende des Absprungs wieder ab? Wie kann man dieses Absinken erklären?

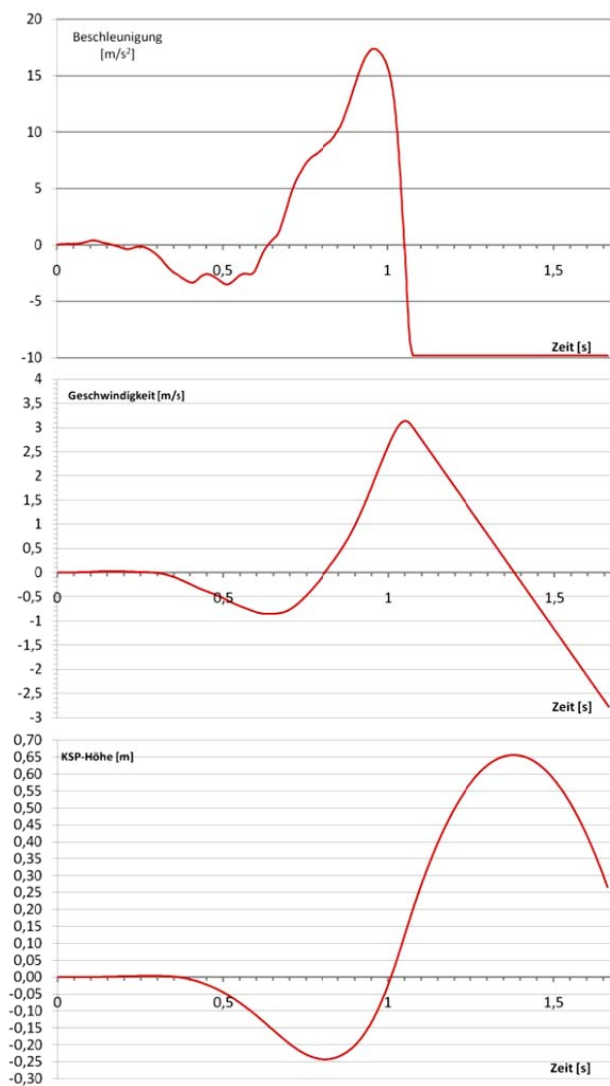


Abb. 4: alle drei Diagramme auf einen Blick.

Hilfe und Lösungen

Hilfe zu A2: Das Hauptproblem ist, dass man im Stand eventuell anders hinauf greift als im Sprung. Wenn man im Stand schlampig hinauf greift, beim Sprung den Arm aber ordentlich streckt, dann kann man einiges an Höhe gewinnen. Auch bei der Messung kann es zu Fehlern

kommen. Günstig wäre es, die Finger vor dem Sprung in Kreidestaub zu tauchen, damit eine Markierung an der Wand bleibt.

Hilfe zu A3: Die fertige Grafik sollte so ähnlich aussehen wie Abb. 5. Zunächst steht der Springer ruhig. Die Gesamtbeschleunigung ist daher null. Bei der Auftaktbewegung geht der Athlet etwas in die Knie. Dadurch entsteht eine Beschleunigung nach unten. Erst dann beginnt die eigentliche Streckbewegung und somit der Absprung. Wenn auch die letzten Zehenspitzen die Platte verlassen haben, sinkt die Beschleunigung auf $-g$ ab – auf den Athleten wirkt also nur mehr die Fallbeschleunigung nach unten.

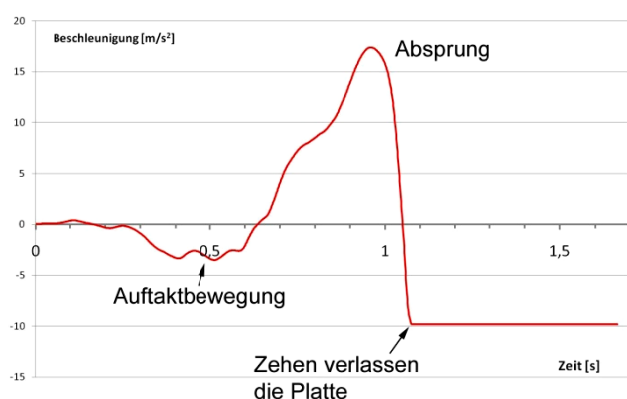


Abb. 5

Hilfe zu A4: Bei konstanter Beschleunigung gilt die Formel $\mathbf{a} = \Delta \mathbf{v} / \Delta t$. $\Delta \mathbf{v}$ ist daher $\mathbf{a} \cdot \Delta t$, und Δt ist in unserem Fall 0,001 s. In Tabelle 2 siehst du, wie man Schritt für Schritt auf die neue Geschwindigkeit kommt. Die neue Geschwindigkeit ist die Geschwindigkeit 1/1000 Sekunde zuvor ($\mathbf{v}_{n-1}$) plus die Geschwindigkeitsänderung $\Delta \mathbf{v} = \mathbf{a}_{n-1} \cdot \Delta t$ (siehe rechte Spalte in Tabelle 2).

t [s]	$\mathbf{a}$ [m/s²]	$\mathbf{v}$ [m/s] $\mathbf{v}_n = \mathbf{v}_{n-1} + \Delta \mathbf{v} = \mathbf{v}_{n-1} + \mathbf{a}_{n-1} \cdot \Delta t$
0	$\mathbf{a}_0 = 2,519 \cdot 10^{-2}$	$\mathbf{v}_0 = 0,000$
0,001	$\mathbf{a}_1 = 3,172 \cdot 10^{-2}$	$\mathbf{v}_1 = \mathbf{v}_0 + \mathbf{a}_0 \cdot \Delta t = 2,519 \cdot 10^{-5}$
0,002	$\mathbf{a}_2 = 3,573 \cdot 10^{-2}$	$\mathbf{v}_2 = \mathbf{v}_1 + \mathbf{a}_1 \cdot \Delta t = 5,691 \cdot 10^{-5}$
0,003	$\mathbf{a}_3 = 3,322 \cdot 10^{-2}$	$\mathbf{v}_3 = \mathbf{v}_2 + \mathbf{a}_2 \cdot \Delta t = 9,264 \cdot 10^{-5}$
0,004	$\mathbf{a}_4 = 3,824 \cdot 10^{-2}$	$\mathbf{v}_4 = \mathbf{v}_3 + \mathbf{a}_3 \cdot \Delta t = 1,259 \cdot 10^{-4}$

Tabelle 2: Die ersten 5 Zeilen der Berechnung. Diese Werte findest du auch im Excel-File *a-v-s-t aus Jump-and-Reach-Test.xlsx* im zweiten Tabellenblatt.

Hilfe zu A5: Bei konstanter Geschwindigkeit gilt die Formel $\mathbf{v} = \Delta \mathbf{s} / \Delta t$. $\Delta \mathbf{s}$ ist daher $\mathbf{v} \cdot \Delta t$, und Δt ist in unserem Fall 0,001 s. In Tabelle 3 siehst du, wie man Schritt für Schritt auf die neue Position des KSP kommt. Die neue Position ist die Position 1/1000 Sekunde ($\mathbf{s}_{n-1}$) zuvor plus die Positionsveränderung $\Delta \mathbf{s} = \mathbf{v}_{n-1} \cdot \Delta t$ (siehe rechte Spalte in Tabelle 3).

t [s]	$\mathbf{v}$ [m/s]	$\mathbf{s}$ [m/s] $\mathbf{s}_n = \mathbf{s}_{n-1} + \Delta \mathbf{s} = \mathbf{s}_{n-1} + \mathbf{v}_{n-1} \cdot \Delta t$
0	$\mathbf{v}_0 = 0,000$	$\mathbf{s}_0 = 0,000$
0,001	$\mathbf{v}_1 = 2,845 \cdot 10^{-5}$	$\mathbf{s}_1 = \mathbf{s}_0 + \mathbf{v}_0 \cdot \Delta t = 0,000$
0,002	$\mathbf{v}_2 = 6,218 \cdot 10^{-5}$	$\mathbf{s}_2 = \mathbf{s}_1 + \mathbf{v}_1 \cdot \Delta t = 2,519 \cdot 10^{-8}$
0,003	$\mathbf{v}_3 = 9,666 \cdot 10^{-5}$	$\mathbf{s}_3 = \mathbf{s}_2 + \mathbf{v}_2 \cdot \Delta t = 8,210 \cdot 10^{-8}$
0,004	$\mathbf{v}_4 = 1,324 \cdot 10^{-4}$	$\mathbf{s}_4 = \mathbf{s}_3 + \mathbf{v}_3 \cdot \Delta t = 1,747 \cdot 10^{-7}$

Tabelle 3: Die ersten 5 Zeilen der Berechnung. Diese Werte findest du auch im Excel-File *a-v-s-t aus Jump-and-Reach-Test.xlsx* im zweiten Tabellenblatt.

Hilfe zu A6: Die größte Höhe des KSP beträgt 65,65 cm bei 1,38 s.

Hilfe zu A7 (siehe auch Abb. 5 nächste Seite)

a: etwa 25 cm

b: Der Beschleunigungsweg reicht vom tiefsten Punkt des KSP bis zu jenem Punkt, an dem die letzten Körperteile, in unserem Fall also die Zehenspitzen, die Platte verlassen. Die Kraft sinkt bei etwa 1,075 s auf null ab. Das ist das Ende des Absprungs. Zu dieser Zeit ist der KSP etwa 20 cm hoch. Weil der KSP von etwa -25 cm auf +20 cm gehoben wird, beträgt der Beschleunigungsweg 45 cm.

c: Die Geschwindigkeit des KSP ist zunächst negativ, er bewegt sich also nach unten. Wenn die Geschwindigkeit positiv wird, bewegt sich der KSP natürlich wieder nach oben. Der tiefste Punkt des KSP ist daher erreicht, wenn die Geschwindigkeit gerade null ist.

d: Es ist ganz ähnlich wie bei c. Die Beschleunigung des KSP ist zunächst negativ. Dadurch wird die Geschwindigkeit nach unten (= negative Geschwindigkeit) immer größer. Wenn die Beschleunigung positiv wird, wird die negative Geschwindigkeit wieder kleiner. Der Punkt der größten negativen Geschwindigkeit liegt daher dort, wo die Beschleunigung gerade null ist.

e: Für die Geschwindigkeit gilt: $v = ds/dt$. v ist daher die Steigung der Tangente der s - t -Kurve. Diese Steigung ist bei Extremwerten (Minima und Maxima) null. Daher muss v beim Minimalwert von s null sein.

Für die Beschleunigung gilt: $a = dv/dt$. a ist daher die Steigung der Tangente der v - t -Kurve. Diese Steigung ist bei Extremwerten (Minima und Maxima) null. Daher muss a beim Minimalwert von v null sein.

f: Die Geschwindigkeit steigt etwa auf 3,1 m/s an, sinkt aber kurz vor dem Absprung wieder auf etwa 3 m/s ab. Warum? Die Beschleunigung sinkt bereits im letzten Teil des Sprungs unter null ab, wird daher negativ. Die Kraft, die die Platte zeigt, ist in dieser Phase kleiner als das Körpergewicht.

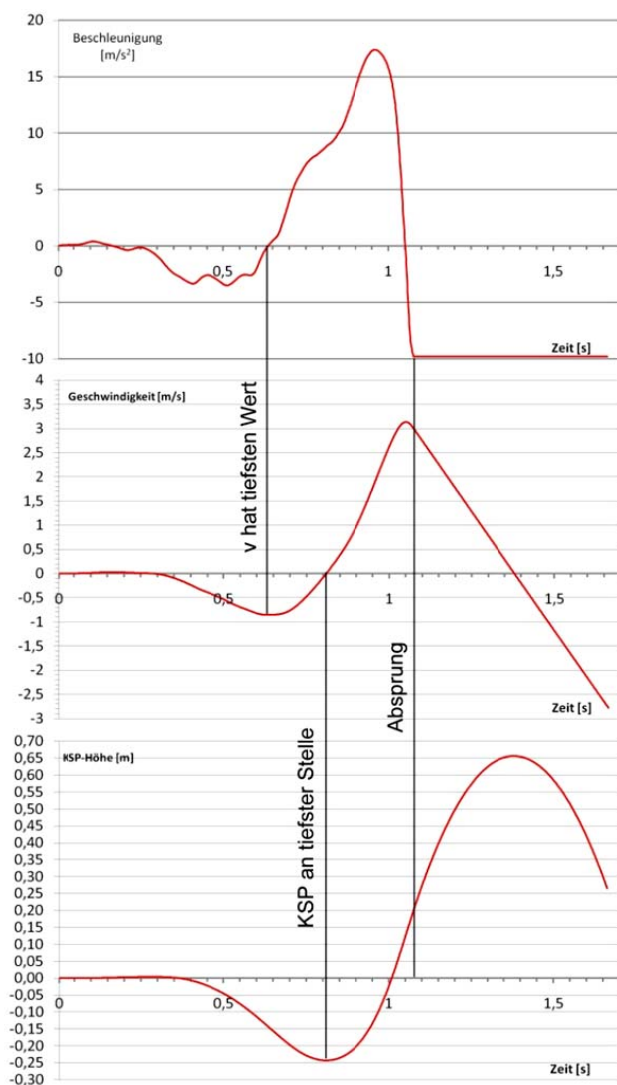


Abb. 6 zu A7